

*В. О. Сурков**

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОДВИЖНЫХ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ

Обычно под термином *навигационная система* принято понимать совокупность приборов, алгоритмов и программного обеспечения, позволяющих произвести ориентирование объекта в пространстве. Навигационные системы (НС) можно разделить на множество категорий в зависимости от назначения, объема получаемой навигационной информации и используемых методов навигации. Система навигации подвижных наземных объектов (ПНО) решает задачи определения координат местоположения, параметров движения и углов ориентации подвижного объекта и обеспечивает выдачу следующих данных: координаты местоположения в заданной системе координат, вектор скорости, углы ориентации (крен, курс, тангаж), вектор угловой скорости, вектор ускорения.

В общем случае навигационные системы ПНО включают в свой состав:

- 1) измерители автономной системы;
- 2) радиотехнические системы коррекции;
- 3) вычислительное устройство;
- 4) устройство индикации;

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГТТУ» А. В. Иванова.

Основными для навигационных систем являются следующие режимы работы: автономный и автономный с коррекцией от радиотехнических измерителей. Наиболее подходящим режимом работы является автономный с коррекцией.

Можно выделить основные направления в совершенствовании НС для ПНО:

1. *Модернизация системы, заключающаяся во введении новых устройств и систем и усовершенствования уже используемых.*

При реализации данного направления необходимо определить минимально необходимый набор датчиков, который обеспечивает пользователя базовой информацией.

На начальном этапе развития широко распространен состав НС, включающий в себя курсовую систему магнитного или гироскопического типа и механический датчик скорости. Основным недостатком такой компоновки навигационной системы является значительное увеличение погрешностей в определении местоположения с течением времени, поэтому требуется применение радиотехнических систем коррекции (системы сотовой связи, радиотехнические системы дальней навигации «Чайка» и «LORAN-C» спутниковые радионавигационные системы (СРНС) (ГЛОНАСС/GPS)).

В настоящее время распространен минимальный состав навигационных систем для ПНО:

- 1) бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС);
- 2) приемник СРНС;
- 3) вычислительное устройство;
- 4) устройство индикации.

Приведенные выше устройства составляют основу навигационной системы для ПНО и позволяют получить минимальный объем навигационной информации.

Для повышения качества работы системы и получения точных и достоверных данных так же возможен ввод дополнительных датчиков и систем. В качестве дополнительных возможно применение таких датчиков, как барометрический высотомер, который позволяет обеспечить целостность информации СРНС, доплеровский измеритель скорости, механический датчик скорости и т.д. Введение дополнительных датчиков возможно при более жестких требованиях к данным системам.

Так как применение СРНС затруднительно в густо застроенных городских кварталах, карьерах, подземных парковках, то в данных условиях целесообразно применение систем сотовой связи для повы-

шения точности позиционирования. В зависимости от применяемой технологии позиционирования и стандарта сотовой сети возможно получение значений точности от 16 до 50 м [1].

Таким образом, в состав навигационной системы входят:

- 1) БИНС;
- 2) приемник СРНС;
- 3) приемник системы сотовой связи;
- 4) вычислительное устройство;
- 5) устройство индикации;
- 6) дополнительные датчики.

Однако применение систем сотовой связи в комбинации с СРНС не дает значительного уменьшения погрешностей позиционирования. По причине того, что значения погрешностей, полученные при применении данных технологий, в 10 – 100 раз больше, чем значения, полученные при применении спутниковых радионавигационных систем. Это проиллюстрировано в статье [2] и приведены соответствующие значения погрешностей при проведении моделирования. Применение систем сотовой связи в навигационных системах целесообразно лишь при пропадании сигналов от СРНС посредством использования адаптивных алгоритмов обработки информации в ЭВМ навигационной системы.

2. Введение нового программного обеспечения системы. Точность и эффективность работы НС зависит от алгоритмов обработки информации применяемых в них как при вторичной, так и при первичной обработке информации. Длительное время в НС для вторичной обработки информации использовались простейшие алгоритмы эвристического происхождения, а также методы спектрально-корреляционной теории комплексирования измерителей. В настоящее время в радиоэлектронных комплексах при вторичной обработке информации применяются оптимальные алгоритмы оценивания, базирующиеся на дифференциальных или разностных уравнениях, полученных на основе методов калмановской фильтрации. Повышение качества работы НС также можно достичь при комплексной первичной обработке информации, применяя для оптимизации комплексирования измерителей методы марковской теории оптимального оценивания.

Значительно улучшить качество работы НС может создание и последующее применение алгоритмов с возможностью обнаружения отказавших элементов, исключения их из структуры и восстановления работоспособности системы путем аппаратурной или информационной реконфигурации.

Данные операции можно производить как при первичной, так и при вторичной обработке информации в навигационных комплексах. При первичной обработке информации контроль производится в НС, имеющих несколько уровней иерархии и содержащих бортовую вычислительную систему (БВС), способную обеспечить внутреннюю реконфигурацию структуры информационной системы при решении различных задач и в случаях отказов или повреждений ее отдельных устройств и систем.

Данные алгоритмы при вторичной обработке применяются только к отдельным элементам НС и основаны на использовании нейросетевых методов и нелинейной многоальтернативной фильтрации, предполагающей использование банка фильтров Калмана.

Рассмотрим трудности, возникающие при реализации данных направлений по отдельности. Например, при реализации только первого направления основным останавливающим фактором является увеличение габаритов устройства, сложность конструкции и эксплуатации системы, которые являются следствием применения устаревших технологий производства. Также возможно снижение качества полученных данных и скорости их выдачи из-за устаревших алгоритмов обработки информации.

При реализации только второго направления также возможно снижение качества работы вследствие погрешностей, возникающих при измерениях в датчиках системы, следует учитывать объемы вычислительных затрат, которые необходимы для обработки информации, и соотнести их с текущими возможностями вычислительной техники. Для этого необходимо производить расчет объема вычислительных операций алгоритмов перед началом их эксплуатации. Невыполнение данного расчета может привести к невозможности применения данных алгоритмов в НС при текущих условиях и проблемах при выборе микропроцессоров для вычислительных машин.

Таким образом, только при совместной реализации указанных направлений и совершенствовании вычислительной техники станет возможным создание НС, удовлетворяющей современным требованиям по надежности и устойчивости.

Список литературы

1. Сурков, В. О. Анализ состава существующих систем навигации для подвижных наземных объектов и выбор наиболее перспективного состава, исходя из требований точности и надежности / В. О. Сурков // Современные тенденции технических наук : материалы II междунар. науч. конф. (г. Уфа, май 2013 г.). – Уфа : Лето, 2013. – С. 20 – 24.

2. *Совместная* обработка информации спутниковых радионавигационных систем и наземных сетевых систем в навигационных системах подвижных наземных объектов / А. В. Иванов, А. В. Гостев, А. А. Семенов, Л. В. Соколовская // Радиотехника. – 2012. – № 4. – С. 16 – 19.

Кафедра «Радиотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»